



COMUNICADO
TÉCNICO

255

Teresina, PI
Outubro, 2020

Embrapa

Potencial físico-químico do óleo do dendzeiro cultivado em Parnaíba, Piauí, para produção de biocombustível

Ueliton Messias
Maria da Luz Lima Silva
Francisco Artur e Silva Filho
Marcos Emanuel da Costa Veloso
Jorge César dos Anjos Antonini

Potencial físico-químico do óleo do dendezeiro cultivado em Parnaíba, Piauí, para produção de biocombustível¹

¹Ueliton Messias, engenheiro-agrônomo, doutor em Biologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. Maria da Luz Lima Silva, engenheira-agrônoma, mestranda em Fitopatologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE. Francisco Artur e Silva Filho, Químico, doutor em Química, professor da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Parnaíba, PI. Marcos Emanuel da Costa Veloso, engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. Jorge César dos Anjos Antonini, engenheiro agrícola, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Brasília, DF.

Introdução

O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.), conhecido também por palma de óleo, é uma palmeira de origem africana que pertence à família Arecaceae. É uma planta de clima tropical, de propagação natural gâmica, monocotiledônea, monoica, alógama, encontrada em estado selvagem, semisselvagem e cultivada, e o homem é o principal responsável pela propagação da espécie (Lima et al., 2013).

A Embrapa é responsável pelo único programa de melhoramento genético no Brasil. É também a única empresa com campos de produção de sementes de dendezeiro do tipo tenera registrada no Ministério da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento (MAPA). Entre as cultivares inscritas no Registro Nacional de Cultivares (RNC)/MAPA, estão a cultivar BRS C2528 e a BRS C2501. Essas cultivares apresentam taxa de crescimento vertical médio do tronco de 0,45 m ano⁻¹, produzem de 15 a 30 toneladas de cachos de frutos frescos (cff) por hectare por ano (cff ha⁻¹ano⁻¹), com taxa de extração de óleo do mesocarpo (polpa) em torno de 22% e produção média de óleo de palma de 3,3 a 6,6 t ha⁻¹ ano⁻¹; taxa de extração de óleo de palmiste em torno de 2,5% e 0,38 a 0,75 t ha⁻¹ ano⁻¹. A colheita de cff inicia-se no quarto ano após o plantio definitivo; a produção é crescente até o sétimo ano e se mantém relativamente estável até o 17º/18º ano, quando passa a ser decrescente. O final da

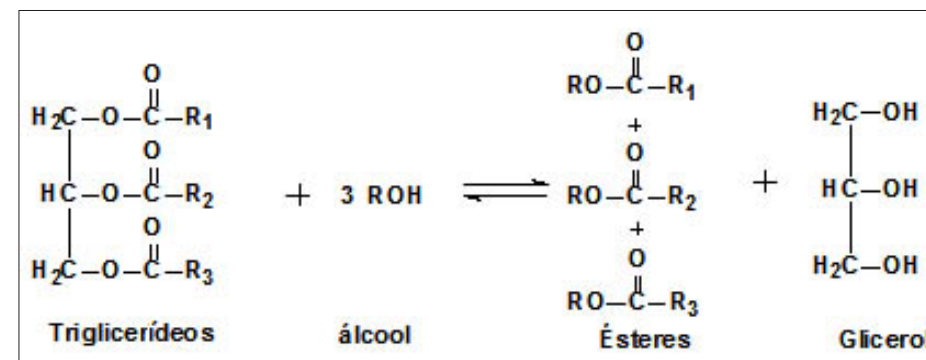
exploração economicamente viável ocorre com 25 a 30 anos, com o aumento do custo de colheita por causa da altura das plantas e da queda da produtividade. A produção se estende ao longo do ano com fases de alta e baixa produtividade, podendo, respectivamente, chegar a 15% e a 5% da produção anual em um só mês, dependendo da distribuição das chuvas na região.

Diversos estudos no mundo têm sido conduzidos quanto aos mais variados tipos de matérias-primas que possam ser utilizadas na produção de biodiesel (Tashtoush et al., 2003). A *Elaeis guineensis* Jacq. é a oleaginosa de valor econômico mais produtiva que se tem conhecimento e se destaca como mais competitiva no mercado mundial do que os produtos similares (A palma..., 2019).

A produção do óleo de palma divide-se em duas fases: uma agrícola e outra industrial. A fase agrícola compreende todas as etapas para produção do fruto do dendê (produção das sementes, pré-viveiro, viveiro, plantio definitivo/tratos culturais e colheita dos cff). A fase industrial compreende a extração do óleo, seu beneficiamento e refinamento (Viana, 2006).

O biodiesel é um substituto do diesel, que é uma mistura de alquilésteres de cadeia linear, obtida da transesterificação dos triglicerídeos de óleos e gorduras com álcoois de cadeia curta, cuja reação tem como coproduto o glicerol Quadro 1. A transesterificação consiste na reação dos triglicerídeos presentes nos óleos vegetais ou gorduras animais com álcool em presença de catalisador que pode ser uma base ou um ácido (Ferrari et al., 2005; Pinto et al., 2005).

Quadro 1. Reação de transesterificação de triglicerídeos.



No Brasil, devido à grande diversidade de espécies oleaginosas, é possível produzir biodiesel a partir de diferentes óleos vegetais. Entre esses, destacam-se: soja, dendê, algodão, babaçu, milho e amendoim (Ferrari et al., 2005). Mas para que haja a produção de biodiesel com essas oleaginosas, é necessário conhecer suas exigências de plantio até o final de seu ciclo. Entre os fatores de maior impacto para a produção do dendezeiro no estado do Piauí, destaca-se o manejo da irrigação.

A capacidade de água disponível (CAD) é caracterizada pela água contida entre a capacidade de campo (Cc) e o ponto de murcha permanente (Pmp) no perfil de solo, correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular da planta cultivada. As plantas diferem entre si, quanto à fração máxima da CAD que pode ser utilizada, sem provocar prejuízos em quantidade e qualidade da produção. Esse fator varia de 0,18 (hortaliças) a 0,88 (algodão) (Bernardo et al., 2019). O consumo de água do dendezeiro varia com a idade da planta e com a demanda evapotranspirométrica da região de cultivo (Antonini: Malaquias, 2019). Em sistemas produtivos de sequeiro, o dendezeiro demanda de 1.800

mm a 2.000 mm de precipitação anual bem-distribuída para uma produção ótima. O trabalho teve por objetivo avaliar características físico-químicas do óleo de duas cultivares de dendezeiro em diferentes níveis de disponibilidade de água no solo para produção do biodiesel.

Justificativa de alinhamento com os objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU

O comunicado técnico está alinhado com o “Objetivo 7. Energia Acessível e Limpa: Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos” dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ONU. A meta do trabalho é contribuir para o aumento substancial da participação de energias renováveis na matriz energética global, visando ao aperfeiçoamento de sistemas de produção de dendezeiro para alcançar gestão sustentável e uso eficiente dos recursos naturais para produção de biocombustíveis. Para tanto, a estratégia do trabalho foi avaliar características físico-químicas do óleo de duas cultivares de dendezeiro (BRS C2501 e BRS C2528) em diferentes níveis de disponibilidade de água no solo para produção do biodiesel.

Material e métodos

O experimento de dendezeiro foi conduzido na Unidade de Execução de Pesquisa (UEP) da Embrapa Meio-Norte, situada em Parnaíba, PI (03°05'280" S e 41°46'998" W). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com duas repetições. Os tratamentos foram formados por dois fatores de disponibilidade de água no solo no momento da irrigação (F): 0,20 - T1 e 0,80 - T4, cujos menores valores de F corresponderam aos maiores teores de umidade do solo. As subparcelas foram formadas por duas cultivares do tipo tenera de dendezeiro: BRS C2501 e BRS C2528.

O plantio foi realizado no espaçamento de 9 m x 9 m, com 143 plantas por hectare. Os tratamentos foram aplicados após 13 meses do estabelecimento das plantas no campo (05/08/2013), período em que os tratamentos irrigados foram submetidos a um único manejo de irrigação. A correção do solo e as adubações foram realizadas com base na análise físico-química do solo, amostradas nas profundidades 0,0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m. Os tratamentos culturais foram realizados sempre que necessário.

Utilizou-se o sistema de irrigação localizada por microaspersão, com dois emissores por planta e vazão de 53 L h⁻¹. As lâminas de irrigação foram definidas em função do coeficiente de cultura, Kc (Antonini et al., 2019), da evapotranspiração de referência, ETo, estimada pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), utilizando-se dados climáticos fornecidos por uma estação meteorológica automática. O fator F determinou a frequência de irrigação, e a quantidade de água fornecida à cultura foi determinada pelo somatório das ETc = (ETo x Kc) no intervalo entre irrigações de cada tratamento.

Os cachos com frutos foram colhidos em dezembro de 2014, no final do período seco. Escolheram-se aleatoriamente os blocos 2 e 4 do experimento de dendezeiro, os quais continham dois tratamentos, T1 e T4. Cada tratamento continha duas subparcelas (cultivares BRS C2501 e BRS C2528), com seis plantas de cada, das quais foram selecionadas aleatoriamente seis plantas por cultivar. Para tanto, os cachos com os frutos foram encaminhados para os laboratórios de físico-química da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira, e

do Instituto Federal do Piauí (IFPI) para realização das análises físico-químicas de frutos de dendezeiro com 4 anos de idade. Os resultados foram expressos em média \pm desvio-padrão.

Procedimento experimental em laboratório

Extração do óleo de dendê

A extração do óleo de dendê foi realizada conforme o método da AOCS Bc 3-49 (American Oil Chemists', 1994). Os frutos do dendê foram triturados e separadas as sementes da polpa, cujas 500 gramas da polpa foram submetidos à extração com hexano em um extrator adaptado tipo soxhlet.

O sistema foi submetido ao aquecimento em temperatura constante de 70 °C sob-refluxo por 2 horas. Após esse tempo, o material foi filtrado e a separação da mistura óleo-hexano foi realizada por rotaevaporação, em pressão reduzida.

Determinação das características físico-químicas do óleo de dendê

Para a avaliação das características físico-químicas dos óleos de dendê, utilizaram-se os procedimentos e métodos analíticos baseados nos procedimentos experimentais estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC) e pela American Society for Testing and Materials (ASTM) Tabela 1. Tabela 1.

Tabela1. Procedimentos e métodos analíticos segundo a AOAC utilizados para análises físico-químicas dos óleos de dendê.

Característica físico-química	Método
Densidade relativa	AOAC-920.212
Índice de acidez (mg KOH/g óleo)	AOAC-940.28
Índice de peróxidos	AOAC-965.33

Densidade relativa

O óleo extraído foi filtrado e transferido para um picnômetro; o conjunto foi colocado em banho termostatzado na temperatura de 20

°C, até que atingisse a temperatura acima especificada por 20 minutos. Após atingir a temperatura de 20 °C, o conjunto (picnômetro e óleo) foi pesado, e calculada a densidade do óleo. Fórmula:

$$\frac{[(\text{massa do picnômetro/óleo}) - (\text{massa do picnômetro})]}{\text{massa da água à temperatura proposta}} = \text{densidade}$$

Índice de acidez

Dois gramas do óleo filtrado foram solubilizados em 25 ml de uma mistura binária de éter etílico e etanol na proporção, em volume, de 2:1 respectivamente. A solução

foi titulada com solução KOH 1,0 N, utilizando-se fenolftaleína 1% como indicador. O índice de acidez foi determinado como sendo a razão do volume de base gasto na titulação pela massa da amostra analisada.

$$\text{Índice de acidez} = \frac{\text{volume de KOH (ml)} \times f \times 5,61}{\text{Massa da amostra}}$$

$$\% \text{ de ácido oleico} = \frac{\text{volume de KOH (ml)} \times f \times 0,282 \times 100}{\text{Massa da amostra}}$$

Em que: f = fator de correção do KOH 0,1 N

Teor de água (Karl-Fischer)

Em 50 ml de etanol, foram adicionados 2,0 g do óleo filtrado e a mistura foi titulada com o reagente de Karl Fischer, utilizando-se uma bureta de 25 ml com tampa

adaptada. Os valores do índice de água foram determinados de acordo com as normas NBR 11348-05, descritas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), apresentando o método Karl Fischer para a determinação do teor de água.

EK.F. = $(5,6 \times \text{volume de Karl Fischer} \times 100) / \text{massa da amostra}$
 EK.F. = equivalente em água do reagente de Karl Fischer, em mg/ml

Índice de saponificação

Dois gramas de amostra de óleo filtrado foram solubilizados em 20 ml de solução alcoólica de KOH 0,75 M. A solução foi adaptada em um sistema de aquecimento por refluxo por 0,5 hora. Após o resfriamento, a solução foi titulada com HCl 0,5 N, utilizando-se uma solução de

fenolftaleína alcoólica a 1% como indicador.

Foi realizado o mesmo procedimento descrito acima para o branco. A diferença entre a quantidade de ml de ácido gasto nas duas titulações é equivalente à quantidade de KOH gasto na saponificação.

$$\text{Índice de saponificação} = \frac{[(\text{volume HCl (ml)} - \text{volume branco}) \times f \times 28]}{\text{Massa da amostra}}$$

Índice de peróxido

Cinco gramas de óleo filtrado de dendê foram solubilizados em 30 ml de uma mistura de ácido acético com clorofórmio na proporção de 3:2. Posteriormente, foi adicionado 0,5 ml de solução saturada de KI e deixado em repouso por 1 minuto em local sob proteção da luminosidade. Em seguida, adicionaram-se 30 ml

de água destilada e titularam-se com solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 1,0 N. Adicionou-se à mistura 0,5 ml de solução de amido 1%, resultando na mudança da coloração de alaranjado para azul. Continuou-se a titulação com $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 1,0 NN até o desaparecimento da cor azul. Um ensaio em branco foi realizado em paralelo. A fórmula a seguir foi utilizada para calcular o índice de peróxido.

$$\text{IP} = \frac{[(\text{Volume Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ branco} - \text{Volume Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ óleo}) \times f \times 1000]}{\text{massa do óleo filtrado}}$$

Resultados e discussão

A cultivar BRS C2501 mostrou maior produtividade oleífera em relação à BRS C2528, independentemente do tratamento, considerando-se tanto a porcentagem de óleo/100 g de polpa como a porcentagem de óleo/100 g de fruto (Tabela 2). Em ambas as cultivares, a produtividade oleífera no tratamento 1 foi superior ao tratamento 4. As cultivares BRS C2501 e BRS C2528 responderam de acordo com os

fatores de disponibilidade de água no solo no momento da irrigação, ou seja, menores valores de F corresponderam aos maiores teores de umidade do solo. Em média, os dados corroboram com Ramalho Filho et al. (2010), que encontraram a porcentagem de óleo de dendê de 20%, quando o dendzeiro foi submetido à irrigação de 2.000 mm por ano.

A densidade relativa do óleo obtido da polpa do dendê e os valores obtidos entre as cultivares e tratamentos foram semelhantes conforme a Tabela 3.

Tabela 2. Análise da produtividade oleífera das cultivares BRS C2501 e BRS C2528.

Cultivar	Tratamento	% Óleo / 100 g de polpa	% Óleo / 100 g de fruto
BRS C2501	T1	29,45 (± 1,5)	24,13 (± 1,0)
	T4	19,23 (± 1,4)	17,25 (± 1,1)
BRS C2528	T1	27,84 (± 1,1)	21,91 (± 1,1)
	T4	18,36 (± 1,9)	15,44 (± 1,8)

Tabela 3. Valores da densidade relativa dos óleos das cultivares BRS C2501 e BRS C2528.

Cultivar	Tratamento	Densidade relativa 20 °C* gcm ⁻³
BRS C2501	T1	0,9009 (± 0,001)
	T4	0,9014 (± 0,003)
BRS C2528	T1	0,9028 (± 0,002)
	T4	0,9047 (± 0,003)

A densidade máxima aceitável é de $0,800 \text{ gcm}^{-3}$, de acordo com os padrões de qualidade apresentados pelas Normas da American Society for Testing and Materials (ASTM). O valor mínimo para essa característica se relaciona com a obtenção de uma potência máxima para o motor, que usa o combustível com controle de vazão na bomba de injeção. Para a norma da Agência Nacional de Petróleo, gás natural e biocombustível (ANP 42), vigente para Biodiesel, a densidade máxima aceitável para o mesmo é de 0,900. Se a densidade estiver acima desse valor determinado, podem ocorrer danos ao motor e o combustível não ter bom funcionamento e não ter um ponto de fulgor maior que ocasiona até acúmulo de óleo dentro do motor, podendo ser muito prejudicial para o funcionamento correto (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2009).

A média da densidade relativa do óleo de dendê, mesmo estando fora dos padrões recomendados pelos órgãos reguladores, mostra-se melhor que a densidade de algumas oleaginosas cultiváveis importantes, como a do óleo de soja, de amendoim e de baru, conforme expresso na Tabela 4.

Tabela 4. Densidades relativas dos óleos de dendê, de baru, de soja e de amendoim.

Óleo de dendê	0,902 – 0,901
Óleo de baru	0,912 – 0,922
Óleo de soja	0,916 – 0,922
Óleo de amendoim	0,914 – 0,917

Os valores da densidade relativa para o óleo de dendê estão bem próximos das densidades apresentadas pela Anvisa (1999) para os óleos de soja e de amendoim.

Os valores do índice de acidez da cultivar BRS C2501 foram superiores aos encontrados na cultivar BRS C2528, independentemente dos tratamentos (Tabela 5).

Um elevado índice de acidez indica, portanto, que o óleo ou gordura está sofrendo quebras em sua cadeia de trigliceróis, liberando seus constituintes principais: os ácidos graxos (Alves et al., 2009). Altos índices de acidez têm um efeito bastante negativo sobre a qualidade do óleo, a ponto de torná-lo impróprio para a alimentação humana ou até mesmo para fins carburantes.

Tabela 5. Valores médios dos volumes de KOH, de índice de acidez e de ácidos graxos livres do óleo das cultivares BRS C2501 e BRS C2528.

Cultivar	Tratamento	KOH 0,1 N (ml)	Índice de acidez (mg KOH/g)	% Ácidos graxos livres
BRS C2501	T1	5,07 ($\pm 0,6$)	13,81	70,96
	T4	5,10 ($\pm 0,9$)	14,10	69,50
BRS C2528	T1	4,30 ($\pm 0,7$)	11,76	59,19
	T4	4,35 ($\pm 0,3$)	11,71	58,94

Cabe salientar que a estabilidade oxidativa dos óleos está intimamente relacionada ao seu grau de insaturação, de maneira que os ácidos graxos insaturados são mais sensíveis à oxidação do que os saturados.

Os valores do teor de água dos óleos de dendê mostraram diferenças entre os tratamentos 1 e 4 nas duas cultivares (Tabela 6). Isso evidencia a influência do fator de disponibilidade de água no solo no momento da irrigação para o dendezeiro.

Tabela 6. Análise do teor de água no óleo das cultivares BRS C2501 e BRS C2528.

Cultivar	Tratamento	Teor de água (ppm)
BRS C2501	T1	843 ($\pm 3,0$)
	T4	538 ($\pm 3,0$)
BRS C2528	T1	839 ($\pm 2,0$)
	T4	527 ($\pm 1,0$)

De modo geral, os valores obtidos do teor de água estão acima do valor máximo permitido pela ANP, que apresenta como valor de referência 500 ppm. Tal parâmetro mostra a necessidade de inclusão de um processo de secagem do óleo.O índice de saponificação da cultivar BRS C2501 apresentou valores superiores aos da cultivar BRS C2528 (Tabela 7).

Apenas as cultivares BRS C2501 apresentaram índice de saponificação dentro da faixa de 200

a 212 mg KOH/g estabelecida para óleo de dendê. Segundo Costa et al. (2004), ao estudarem o óleo de mamona, encontraram uma variação do índice saponificação de 176 – 184 mg KOH/g. Segundo o padrão britânico (Freire, 2001), o óleo de primeira qualidade deve apresentar um índice de saponificação entre 177 a 187 mg KOH/g. No caso do óleo de dendê, ele tem mais ácidos graxos livres que são mais fáceis de degradar do que o subproduto, glicerol, o qual é um dos grandes problemas ecológicos.

Tabela 7. Valores do índice de saponificação do óleo das cultivares BRS C2501 e BRS C2528.

Cultivar	Tratamento	Índice de saponificação (mg KOH/100 g de óleo)
BRS C2501	T1	211,9 (± 0,8)
	T4	209,2 (± 1,7)
BRS C2528	T1	193,6 (± 1,4)
	T4	168,4 (± 0,9)

Os valores do índice de peróxido foram similares entre as cultivares BRS C2501 e BRS C2528. O tratamento T4 obteve valores maiores quando comparados ao

tratamento T1. As amostras do tratamento T4 podem ter sofrido processos oxidorredutores devido à menor disponibilidade de água no solo (Tabela 8).

Tabela 8. Valores do índice de peróxido do óleo das cultivares BRS C2501 e BRS C2528.

Cultivar	Tratamento	Índice de peróxido (mq/100 g de óleo)
BRS C2501	T1	2,3 (± 1,4)
	T4	5,5 (± 0,8)
BRS C2528	T1	2,4 (± 1,6)
	T4	5,1 (± 1,1)

Segundo a Anvisa (1999), o valor do índice de peróxidos dos óleos não deve ultrapassar 10 meq/100 g da amostra. Assim o óleo de dendê se encontra dentro dos parâmetros de exigência dos órgãos reguladores. O baixo valor desse parâmetro revela alta tolerância à degradação oxidativa, que é um dos

maiores problemas apresentados nas matérias-primas destinadas à transesterificação.

O índice de peróxido é um bom marcador para os estádios iniciais do processo de oxidação, pois no início desse processo o valor de peróxido atinge um pico (Edem, 2002).

Considerações finais

As análises físico-químicas do óleo extraído da polpa do dendê (*Elaeis guineensis*) mostram alto teor de lipídeos (aproximadamente 22,5% em 500 g de frutos úmidos),

colocando essa oleaginosa entre as matérias-primas vegetais de maior produtividade. Sua estabilidade oxidativa determinada pelo índice de peróxido, com intervalo entre 2 e 5, mostrou-se promissora para suportar longo período de armazenamento, porém os seus altos índices de acidez podem

apresentar dificuldade no processo de produção de biodiesel, que pode ser corrigido alterando-se o método de transesterificação durante o processo, o que é favorável pelo seu alto índice de saponificação. Outras características, como densidade relativa e teor de água, apresentaram resultados que satisfazem as especificações determinadas pelas normas vigentes no Brasil (ANP, ASTM e prEN 14214). Os valores da densidade relativa do óleo de dendê (0,902 – 0,901) estão bem próximos das densidades apresentadas pela Anvisa (1999) para o óleo de baru, que é 0,912 – 0,922.

A cultivar BRS C2501 apresenta índices de acidez e de saponificação mais altos que a cultivar BRS C2528; nos demais parâmetros analisados, foram semelhantes, o que, em relação à produção de biodiesel, indica que ambas estariam aprovadas como matéria-prima para esse processo. Verificou-se que o dendezeiro submetido ao fator de disponibilidade de água no solo, no momento da irrigação (T1), destacou-se em relação ao tratamento T4, apresentando maior rendimento, menor índice

de peróxido e maior índice de saponificação, cujos frutos desse tratamento são os mais recomendados como matéria-prima vegetal para produção de biodiesel.

Com esses resultados tão promissores, é necessário dar continuidade a esse trabalho, focando na caracterização físico-química dos ésteres metílicos e ésteres etílicos obtidos a partir dos óleos das cultivares BRS C2501 e BRS C2528.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. (Brasil). Resolução nº 42, de 16 de dezembro de 2009 – Retificada. **Diário Oficial da União**, 14 jan. 2010.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVES, R. F.; GUIMARÃES, S. M.; ABREU T. C.; SILVA, R. D. **Índices de acidez livre e de peróxido**: relatório para a disciplina de bioquímica. São José dos Campos: Centro de Educação Profissional Hélio Augusto de Sousa, Curso Técnico de Química Industrial, 2009.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the**

American Oil Chemists' Society. 4th ed., 3rd print. Champaign, Ill.: AOCS, c1994. 2 v.

ANTONINI, J. C. dos A.; MALAQUIAS, J. V. **Estabelecimento do momento de irrigação da palma de óleo, cultivada sob condições de clima tropical de savana**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2019. 22 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 350).

ANTONINI, J. C. dos A.; VELOSO, R. F.; MALAQUIAS, J. V. **Evapotranspiração e coeficiente de cultivo na fase produtiva da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) nas condições de clima tropical de savana**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 21 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 325).

ANVISA. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais. **Diário Oficial da União**, 13 out. 1999. p. 82-87.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D.D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2019. 545 p.

COSTA, H. M. da; RAMOS, V. D.; ABRANTES, T. A. S.; CASTRO, D. F. de.; VISCONTE, L. L. Y.; NUNES, R. C. R.; FURTADO, C. R. G. Efeito do óleo de mamona em composição de borracha natural contendo sílica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 46-50, 2004.

EDEM, D. O. Palm oil: biochemical, physiological, nutritional, hematological and toxicological aspects: a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 57, n. 3, p. 319-341, 2002.

FERRARI, R. A.; OLIVERIA, V. S.; SCABIO, O. A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

FREIRE, R. M. M. Rinciniquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informacao Tecnologia, 2001. Cap. 13, p. 295-335.

LIMA, W. A. A. de; CUNHA, R. N. V. da; LOPES, R.; GREEN, M.; ABREU, S. C.; SIMONETTI, R. **Produção de sementes germinadas de dendezeiro (*Elaeis guineensis*, Jacq.) na Embrapa**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2013. 14 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular técnica, 41).

A PALMA no Brasil e no mundo. Belém, PA: Abrapalma, (2013?). Disponível em: <http://www.abrapalma.org/pt/a-palma-no-brasil-e-no-mundo/>. Acesso em: 27 nov. 2019.

PINTO, A. C.; GUARIEIRO, L. L. N.; REZENDE, M. J. C.; RIBEIRO, N. M.; TORRES, E. A.; LOPES, W. A.; PEREIRA, P. A. de P.; ANDRADE, J. B. de. Biodiesel: an overview. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6B, p. 1313-1330, Nov. 2005.

RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da; FREITAS, P. L. de; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 216 p.

TASHTOUSH, G.; AL-WIDYAN, M. I.; AL-SHYOUKH, A. O. Combustion performance and emissions of ethyl ester of a waste vegetable oil in a water-cooled furnace. **Applied Thermal Engineering**, v. 23, n. 3, p. 285-293, 2003.

VIANA, F. C. **Análise de ecoeficiência**: avaliação do desempenho econômico-ambiental do biodiesel e petrodiesel. 2006. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

Apêndice



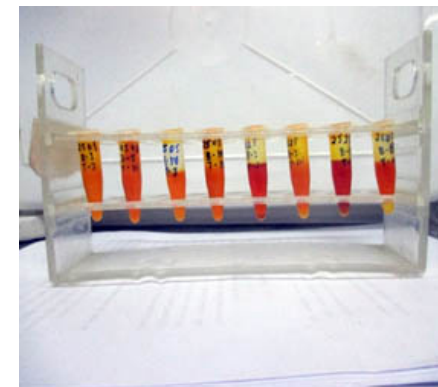
Frutos do dendê.



Separação das sementes da polpa.



Óleo bruto de dendê em banho-maria.



Amostras padrão dos óleos de dendê.



Sistema de extração do óleo.



Extrato óleo e solvente hexano.



Fase de saponificação do óleo.



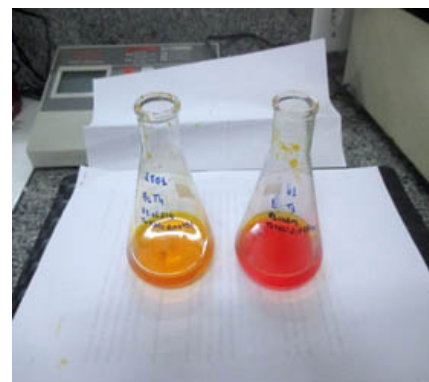
Preparação das amostras para titulometria.



Sistema de rotaevaporação do solvente.



Óleo bruto de dendê.



Determinação do índice de peróxido.



Determinação do índice de acidez.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5.650,
Bairro Buenos Aires,
Caixa Postal 01
CEP 64008-780, Teresina, PI

Fone: (86) 3198-0500

Fax: (86) 3198-0530

www.embrapa.br/meio-norte

Sistema de atendimento ao Cliente(SAC)

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição (2020): formato digital

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Secretário-Executivo

Jeadys Araújo de Oliveira

Membros

Edvaldo Sagrilo, Orlane da Silva Maia, Luciana

Pereira dos Santos Fernandes, Lígia Maria

Rolim Bandeira, Humberto Umbelino de Sousa,

Pedro Rodrigues de Araújo Neto, Antônio de

Pádua Soeiro Machado, Alexandre Kemenes,

Ana Lúcia Horta Barreto, Braz Henrique Nunes

Rodrigues, Francisco José de Seixas Santos,

João Avelar Magalhães, Rosa Maria Cardoso

Mota de Alcantara,

Supervisão editorial

Lígia Maria Rolim Bandeira

Revisão de texto

Francisco de Assis David da Silva

Normalização bibliográfica

Orlane da Silva Maia (CRB 3/915)

Diagramação

Jorimá Marques Ferreira

Fotos

Maria da Luz Lima Silva

Embrapa

